

外加碳源人工湿地处理污水厂尾水的脱氮工艺研究

研究生：苑天晓；导师：王洪杰 副教授



研究背景

污水处理厂尾水水量大，可生化性差，总氮浓度偏高，直接外排进入环境存在水体富营养化等风险，也是对潜在再生水资源的浪费。因此，对污水厂尾水进行深度脱氮处理十分必要。

研究内容

1. 水平潜流人工湿地处理模拟尾水的效能研究；
2. 外加碳源水平潜流人工湿地处理实际尾水的效能研究；
3. 基于外加碳源人工湿地尾水处理工艺设计；

技术路线

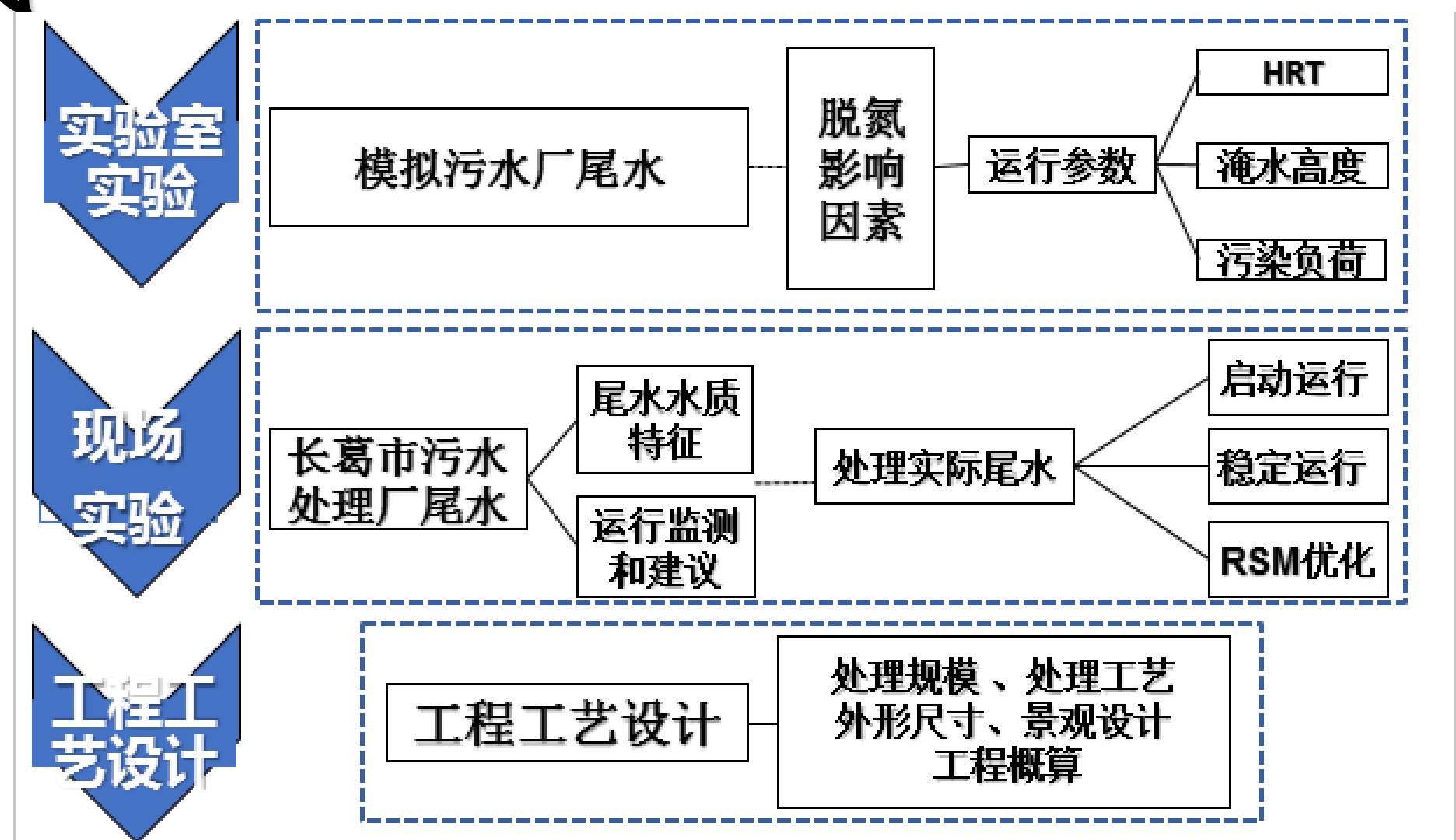


图1 技术路线图

结果分析

水平潜流人工湿地处理模拟尾水效能研究

- ◆ 湿地在中淹水高度（基质下10cm）运行时，脱氮效果最好。中低淹水高度出水COD浓度接近，且均低于高淹水出水COD。
- ◆ 仅延长水力停留时间可以在一定范围内提高人工湿地对尾水的脱氮效果，但提升空间有限。综合脱氮效果和装置的处理效率，选择2.5d作为湿地运行的水力停留时间。
- ◆ 对本研究所配置模拟尾水和构建的人工湿地来讲，进水C/N大于7时有较好的TN去除效果。

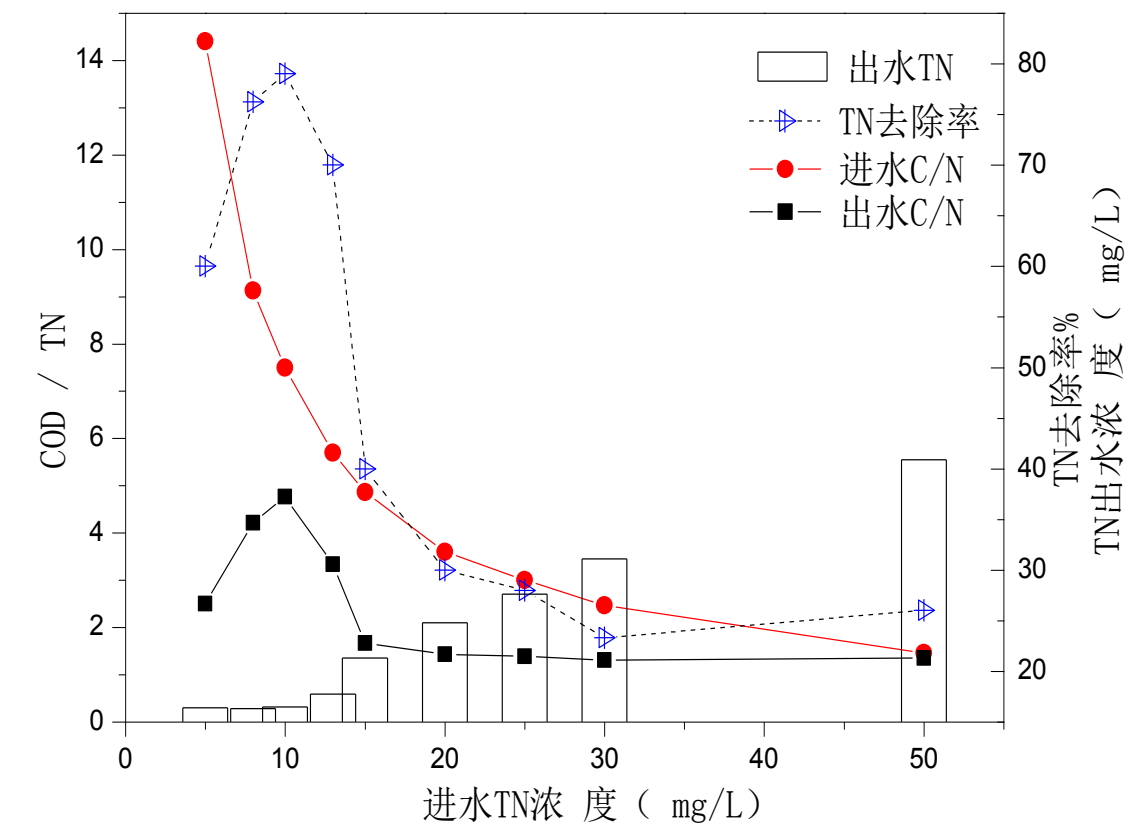


图2 湿地进出水C/N和TN去除率随进水氮负荷变化

长葛市污水处理厂运行情况 and 尾水水质

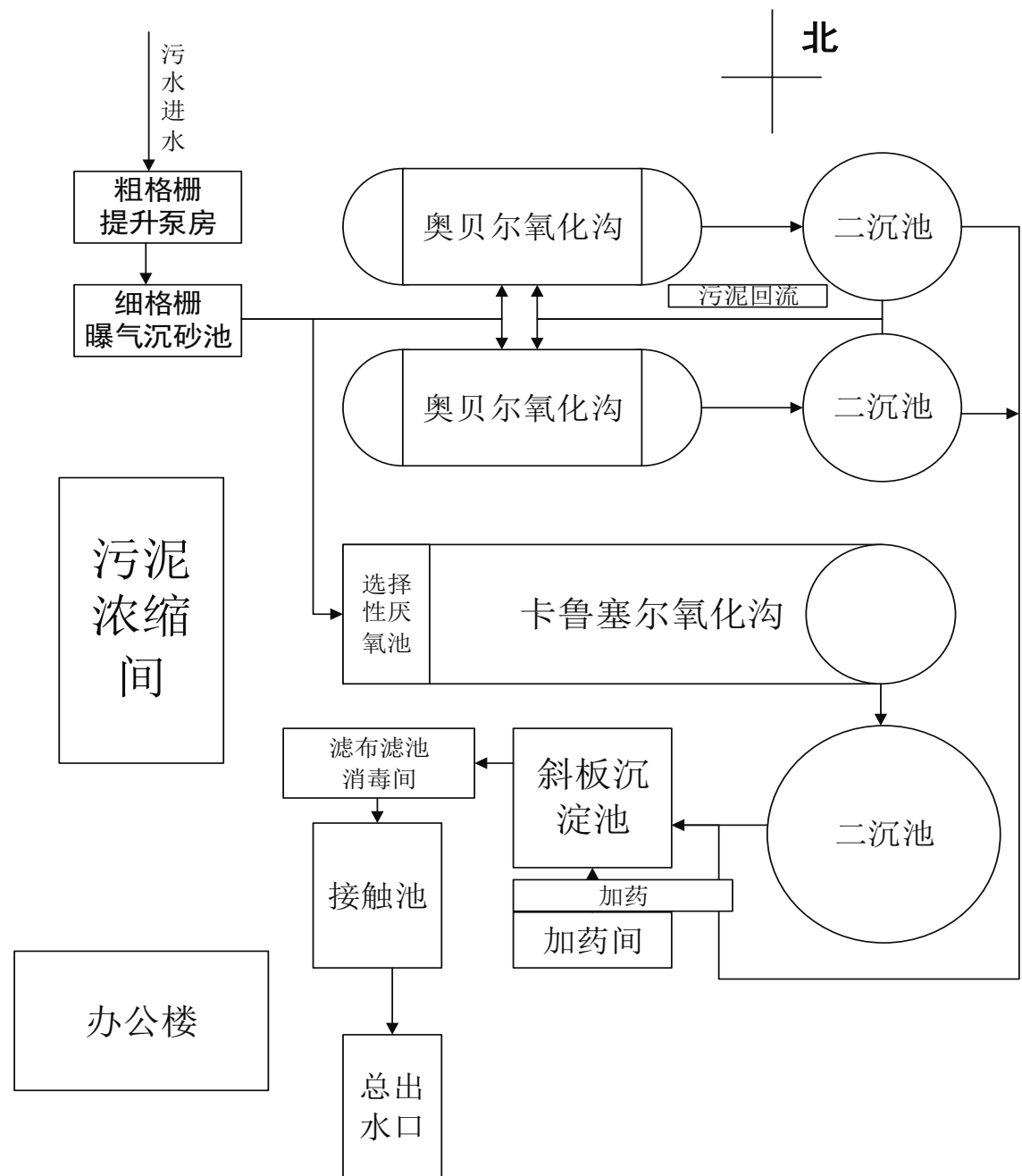


图3 长葛市污水处理厂平面示意图

- 对氧化沟内部监测结果显示，二期建设的卡鲁塞尔氧化沟处理效果基本达到设计指标。一期建设的奥贝尔氧化沟存在过曝气问题，TN出水浓度较高。
- 污水厂出水为低碳氮比，高硝酸盐氮的尾水。

- 污水依次经过粗格栅--提升泵房--细格栅--曝气沉砂池--分流三个氧化沟--分流三个二沉池--混合加药--斜板沉淀池--滤布滤池--消毒接触池--外排。
- 其中三个氧化沟为污水处理脱氮的主要工艺单元。

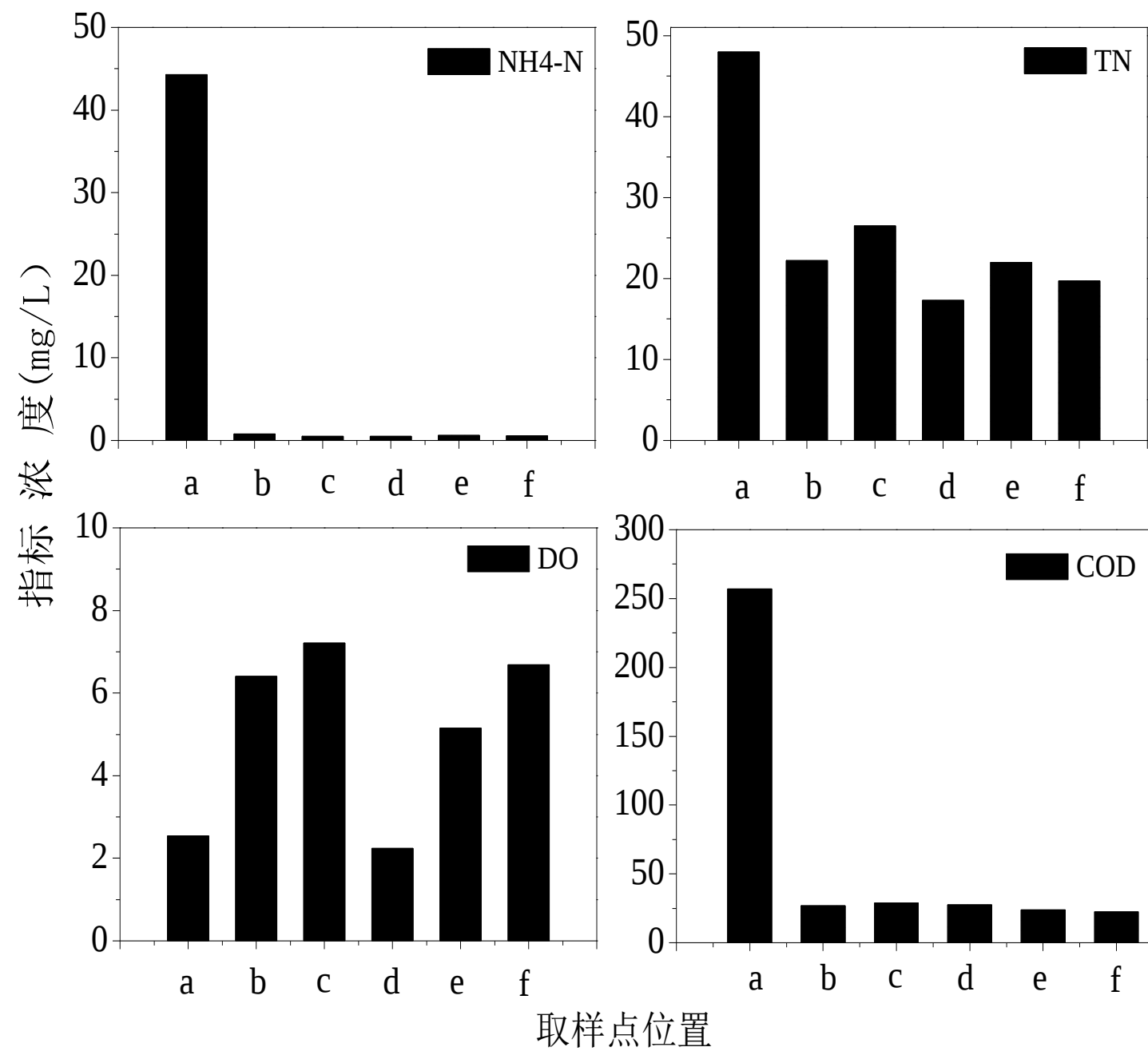


图4 污水处理厂各检测点日均浓度值 (a-进水; b-北二沉池; c-中二沉池; d-南二沉池; e-加氯消毒; f-出水)

外加碳源水平潜流人工湿地处理实际尾水的效能研究

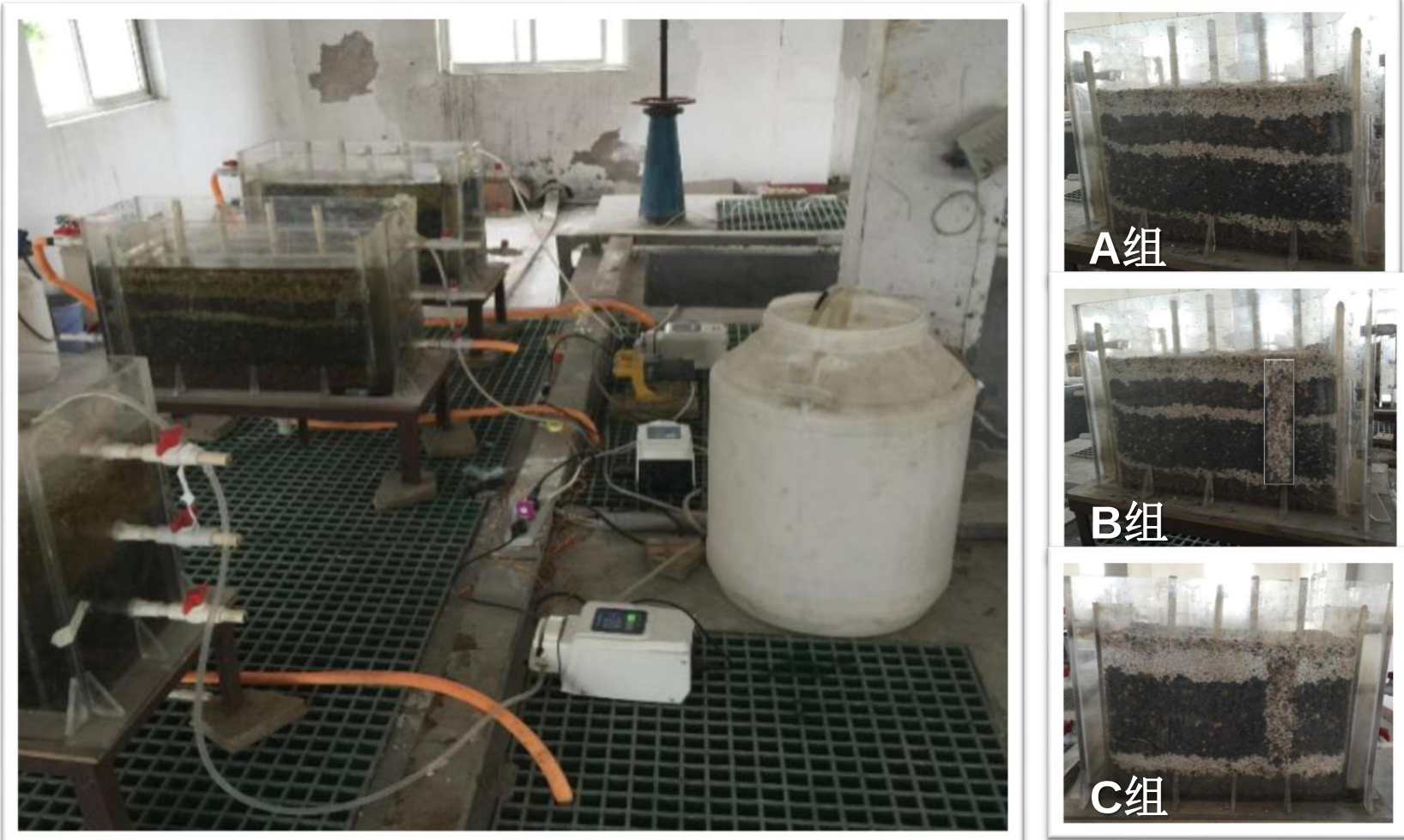


图5 现场实验装置图

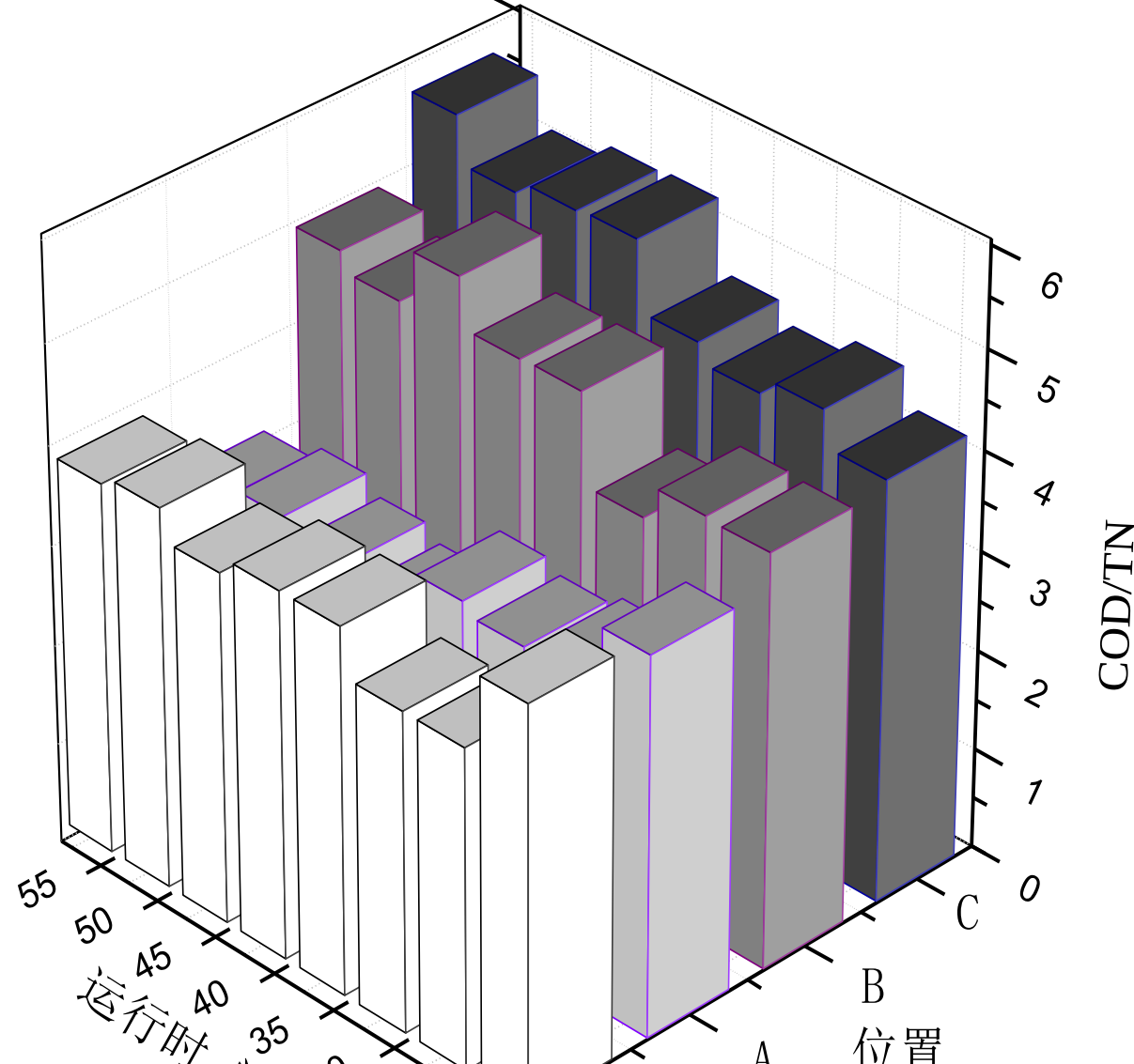


图6 稳定期各装置进出水COD/TN

- 稳定运行期内，进水碳氮比3.5。A组湿地出水碳氮比降低到2.8左右。B组和C组湿地出水COD/TN分别为4.4和4.8。说明投加玉米芯碳源湿地出水的反硝化潜力有显著提高。

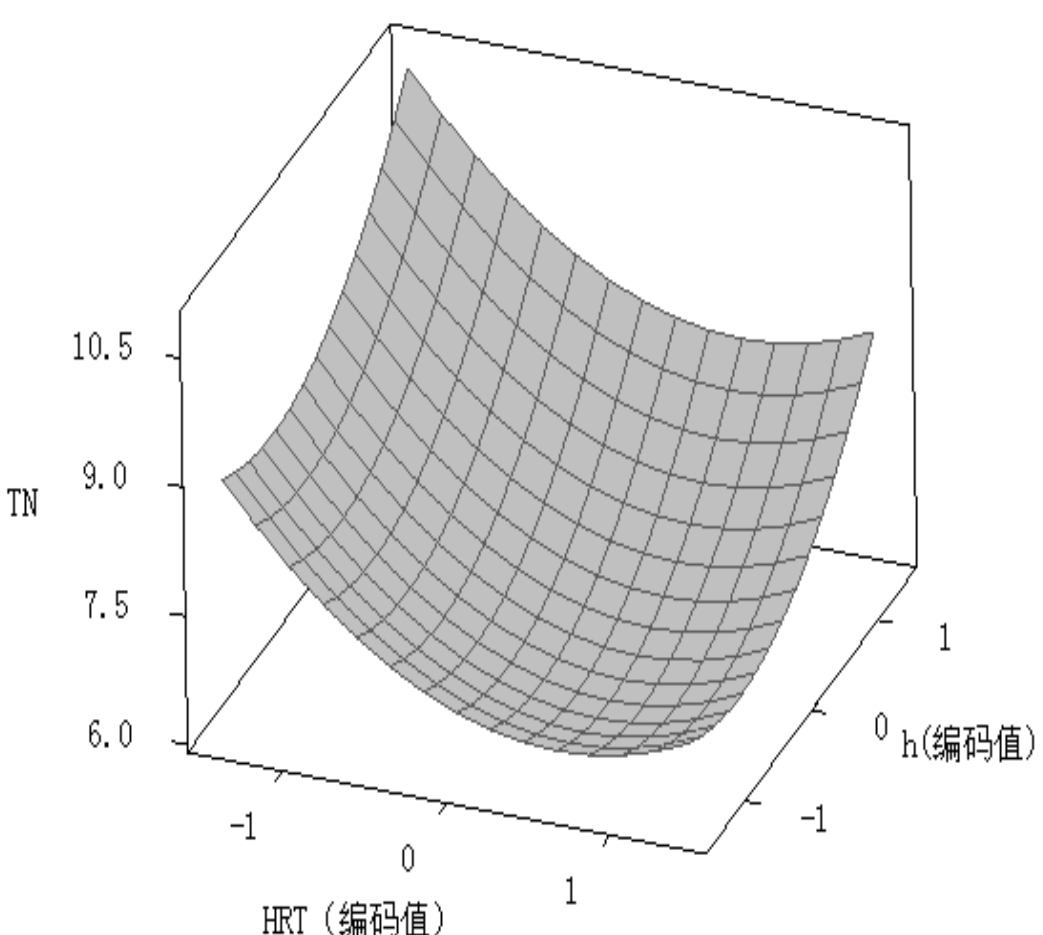


图7 HRT, h 和 TN 响应曲面图

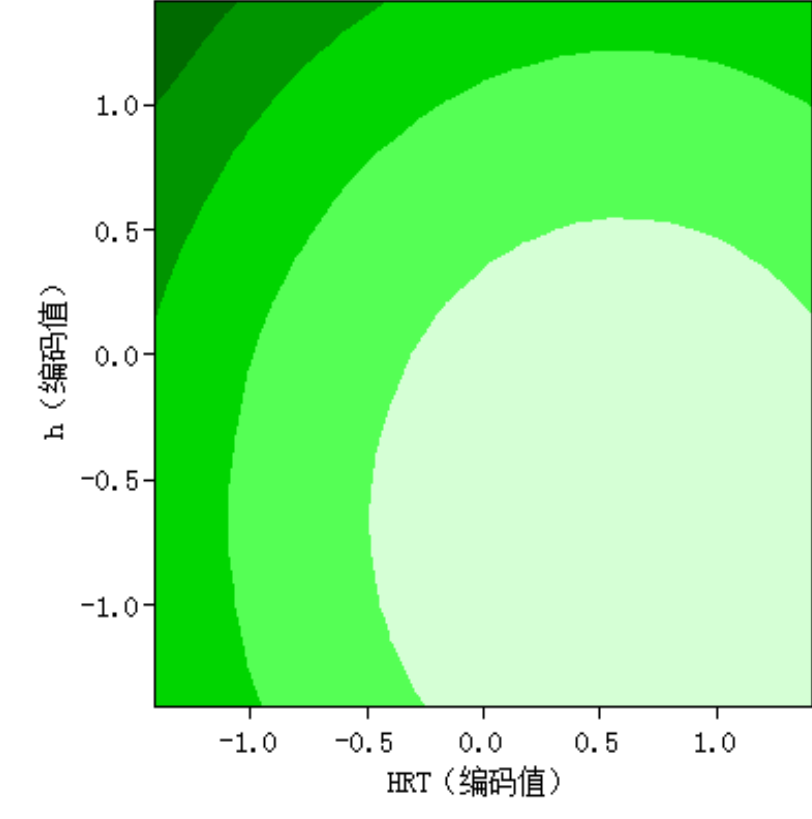


图8 TN与h和HRT的等值线图

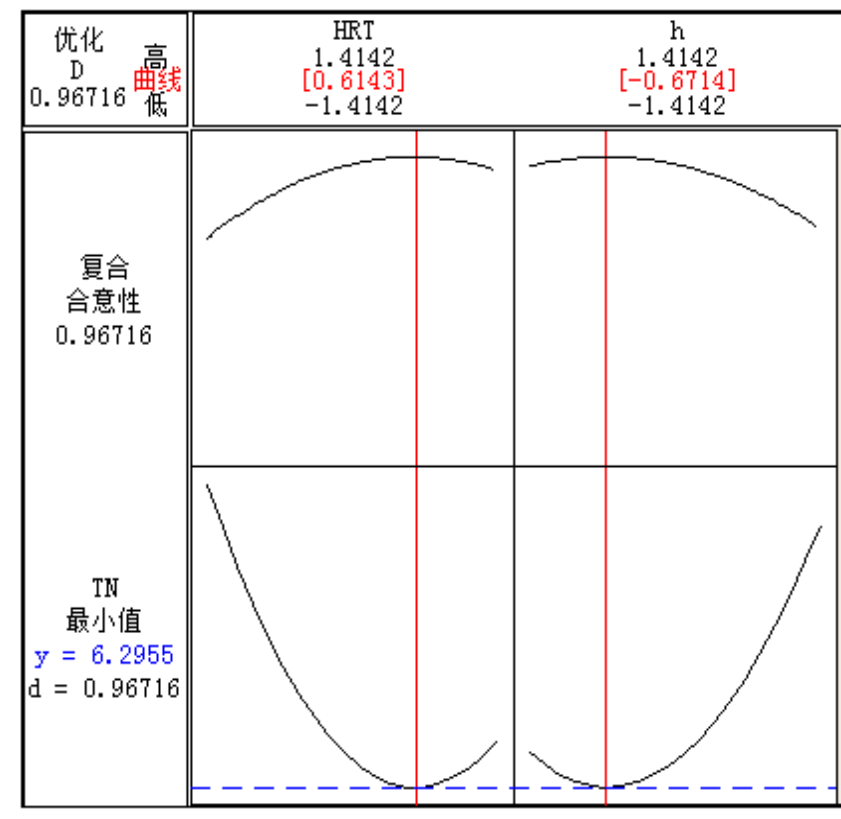
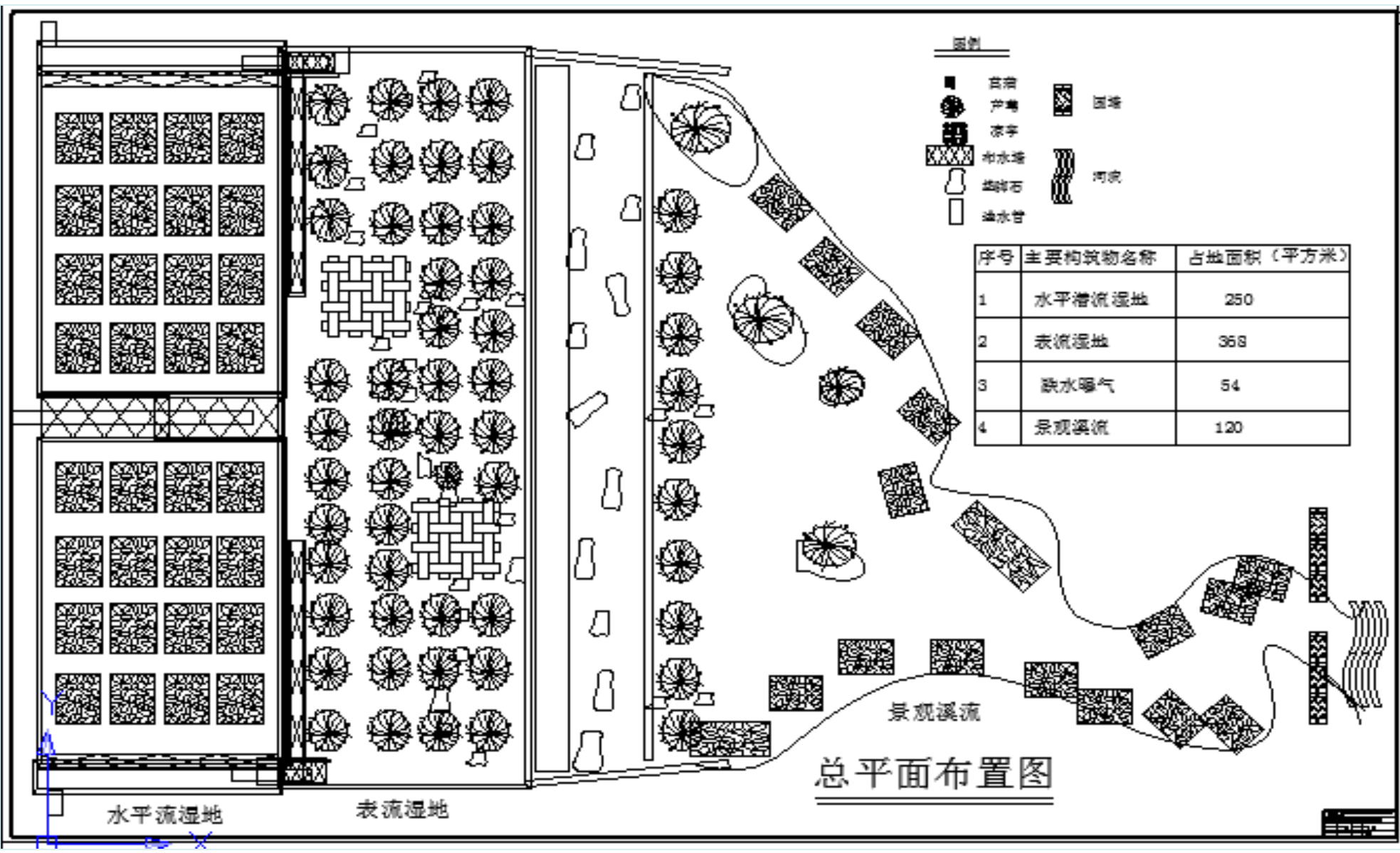


图9 Minitab优化器输出结果

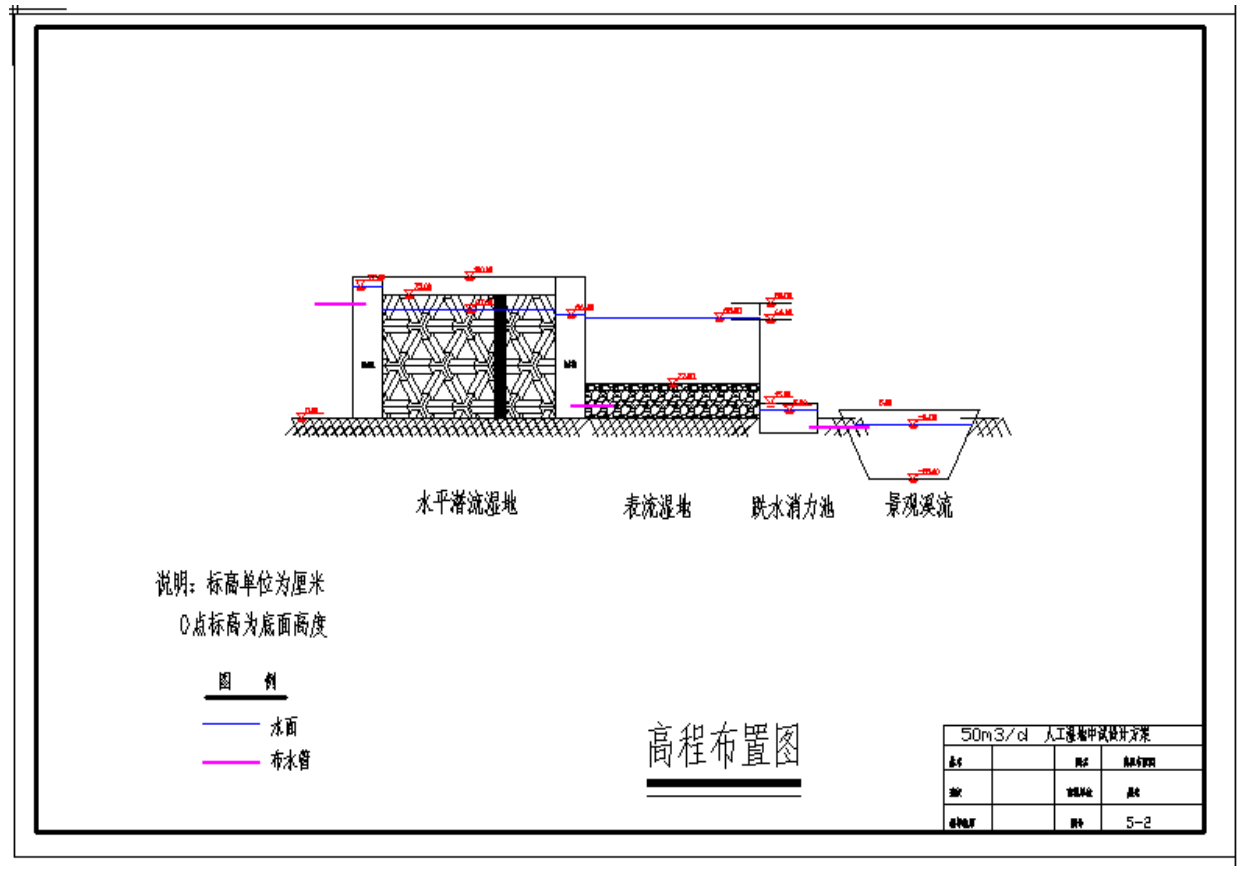
- 用Minitab优化求解。得出最佳优化条件为HRT=2.2 d。淹水高度为基质下13 cm。此时的TN出水预测浓度值为6.29 mg/L。运行实际值 6.5mg/L,与预测值误差在3.3%。表明RSM分析方法可以用于所构建人工湿地运行参数的优化。

基于外加碳源人工湿地尾水处理工艺设计

指标	进水	外加碳源水平	表流湿地	景观溪流	出水	去除率%
(mg/L)						
COD	60	35	28	20	20	33
TN	30	7.5	3.75	3	3	90



- ◆ 完成50 m³/d工程设计，
- ◆ 工程占地面积1100 m²，
- ◆ 工程总投资预算20.83万元，
- ◆ 工程投资成本3.67元/m³污水。
- ◆ 运行处理成本0.32元/m³污水



结论

1. 淹水高度，水力停留时间和进水总氮负荷对人工湿地的脱氮能力有不同程度的影响。用无外加碳源湿地处理模拟尾水时较优运行条件为：中淹水高度运行（基质下10 cm），水力停留时间2.5 d；进水总氮浓度小于15 mg/L。在进水COD/TN大于7时所构建的湿地有较好的脱氮效果。
2. 在处理长葛市污水处理厂尾水时，选择玉米芯作为外加碳源，在湿地中后部采用1.5%的投放比例的工艺方式较为适宜，既能取得较好的脱氮效果又不会恶化出水COD。
3. 响应曲面分析方法（RSM）可以用于人工湿地运行参数的优化。运行参数为HRT=2.2 d，淹水高度h为基质下13 cm。此时的TN实际出水浓度值6.5mg/L。相比优化前出水TN浓度下降了53.8%，去除率提升了17.5%。
4. 外加碳源水平潜流人工湿地工程设计入水TN 30 mg/L，COD 60 mg/L，设计出水TN 3 mg/L，COD 20 mg/L，处理规模50m³/d，工程总投资24.96 万元，处理成本0.86元/t。

课题来源：国家水专项“清溪河课题”子课题“综合类工业聚集区高氨氮混合废水污染物深度削减关键技术与工程示范（2015ZX07204-002）”

研究成果

1. Tian-xiao Yuan, Tao Chen, Shuai Liang, Lu-ji Yu and Hong-jie Wang. Effect of Corncobs as External Carbon Sources on Nitrogen Removal in Constructed Wetlands Treating Micro-polluted River Water. International Conference on Environmental Science and Engineering [ESE2016], Guilin.